

Avaliação do transporte de umidade e precipitação associada à ZCAS no verão do HS através da nova geração de reanálises

Mário Francisco Leal de Quadro¹, Maria Assunção Faus da Silva Dias², Luis Gustavo Gonçalves de Gonçalves³, Dirceu Luis Herdies⁴

^{1,2}Inst. de Astronomia, Geof. e Ciências Atmosféricas da Univ. de S. Paulo - IAG/USP, São Paulo - SP, Brasil. mquadro, assuncao@model.iag.usp.br. ^{3,4}Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais CPTEC/INPE. , Cachoeira Pta. - SP, Brasil. gustavo.degoncalves@gmail.com, dirceu@cptec.inpe.br

Resumo: Este estudo tem por objetivo avaliar as características principais da precipitação sobre a região da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), baseado em cinco produtos de reanálises (MERRA, ERA INTERIM, NCEP 1, NCEP 2 e NCEP CFS), comparando com um produto derivado de precipitação (CPC), entre os anos de 1979 e 2007. Além disso, foi avaliado também o transporte de umidade atmosférico sobre a região da ZCAS. Diagramas de Taylor mostram que os produtos de observação tendem a ser agrupados e próximos a referência (CPC), enquanto que as reanálises mostram correlações abaixo de 0,6. Somente a reanálise do NCEP CFS (nova geração de reanálises) apresenta correlações mais altas no período do verão do Hemisfério Sul. No entanto, ressalta-se que a maioria das reanálises usadas no estudo apresenta erros sistemáticos na determinação da precipitação sobre a América do Sul, o que pode ser justificado pela baixa densidade de instrumentos de medição (pluviômetros) em algumas partes do continente.

Abstract: The goal of this study is to document the main characteristics of the precipitation over the South Atlantic Convergence Zone (SACZ), based on five atmospheric kind of reanalysis (MERRA, ERA INTERIM, NCEP 1, NCEP 2 and NCEP CFS) and one observed precipitation data products (CPC) for the period of 1979 through 2007. Using the aforementioned available datasets associated with tropospheric information (temperature, wind and specific humidity), the transport of moisture over SACZ was evaluated. Taylor diagrams show that the observational products tend to be tightly grouped and close to the reference (CPC), whereas most of reanalyses show correlation coefficients below 0.6. NCEP CFS reanalysis however, presented high correlation coefficients relative to the others. Furthermore, the correlation coefficients are consistently lower during the Austral Summer. In summary, the preliminary results indicate that the atmospheric reanalyses used in this study show systematic deficiencies in determining precipitation across South America in spite of some parts of that continent present lower raingauge observations density.

Keywords: SACZ; Reanalysis; Precipitation; Transport of moisture.

1. INTRODUÇÃO

Durante os meses de verão do Hemisfério Sul (HS), A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) exerce um papel preponderante no regime de chuvas na região onde atua, acarretando altos índices pluviométricos na América do Sul. Este fenômeno é caracterizado pela persistência de uma banda de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste (NW-SE), que atua desde o centro sul da Amazônia, regiões Centro-Oeste e Sudeste, centro sul da Bahia, norte do Estado do Paraná e estendendo-se em direção ao Oceano Atlântico sudoeste. Por outro lado, é conhecido que a precipitação é um diagnóstico meteorológico crítico que não somente é bastante sensível ao sistema de observação e a física do modelo, como também reflete os efeitos da circulação geral da atmosfera (Bosilovich et al,

2008). Sobre a América do Sul, a circulação média é caracterizada por regimes típicos. O ciclo sazonal sobre a Região Tropical mostra características de um sistema de monção, com estação úmida (Out a Abr) e seca (Mai a Set) distintas (Gan et al, 2004). Os padrões principais do regime de monção estão associados a sistemas meteorológicos, como a ZCAS, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), condições em baixos níveis associadas ao Jato de Baixos Níveis (JBN), aos ventos alísios, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e condições em altos níveis associadas à Alta da Bolívia e a corrente de jato subtropical (Souza and Ambrizzi, 2003).

Um sistema de reanálise consiste da combinação de um modelo de previsão (como background) e um sistema de assimilação de dados. Com relação à nova geração dos produtos de reanálises, o CFS do NCEP (Saha et al., 2010) foi desenvolvida para simular a condição do domínio acoplado do sistema oceano-atmosfera-terra e gelo da superfície do mar, com alta resolução para o período de 1979 a janeiro de 2010. O modelo atmosférico global possui resolução de aproximadamente 38 km (T382) com 64 níveis na vertical. O modelo oceânico possui espaçamento latitudinal de 0.25° próximo ao equador até 0.5° a partir dos trópicos, com 40 níveis até uma profundidade de 4737 metros. A reanálise MERRA possui uma alta resolução espacial (0.5° de Latitude por 0.67° de Longitude), disponíveis a cada 3 horas, a partir de 1979. Já a reanálise do ERA-Interim faz parte da segunda geração dos produtos recentemente disponibilizados pelo ECMWF, desenvolvida para substituir a reanálise ERA-40 (Uppala et al. 2005). Esse conjunto de dados possui um espaçamento de grade de 1.5° de lat/lon, que compreende o período de 1989 até o presente.

O objetivo principal desse trabalho é de documentar, nos meses de verão do HS, as características principais do transporte de umidade e da precipitação associada sobre a região da ZCAS, baseado em cinco conjunto de reanálises atmosféricas (MERRA, ERA INTERIM, NCEP 1, NCEP 2 e NCEP CFS) e um conjunto de dados derivados de precipitação observada.

2. DADOS E METODOLOGIA

Como a ZCAS possui uma configuração típica em forma de banda, orientada de NE-SE, as análises estatísticas são realizadas sobre a região mostrada na figura 1.

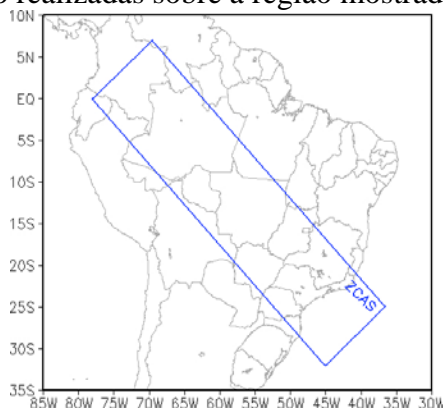


Fig. 1. Região da ZCAS considerada nas avaliações estatísticas. As linhas sólidas mostram o limite dos pontos de grade (1.0 X 1.0).

Nesse estudo, cinco conjuntos de reanálises são avaliados durante o período de 1979 a 2007. Somente a reanálise ERA-Interim está disponível entre 1987 a 2007. O NCEP disponibiliza dois conjuntos de reanálises denominados NCEP 1 (Kalnay et al. 1996) e NCEP 2 (Kanamitsu et al. 2002). Também são incluídas neste trabalho a nova geração de conjuntos

de reanálises ERA-Interim do ECMWF, MERRA produzido pelo GSFC (Bosilovich et al. 2008) e o mais recente conjunto de dados NCEP CFS (Saha et al., 2010). O conjunto de dados de precipitação baseados em observações (denominado aqui de CPC) é utilizado para avaliar as reanálises. Este conjunto é gerado a partir da análise de dados globais registrados diariamente, e produzidos para uma resolução espacial de 0.5° de latitude / longitude, a partir de interpolação e controle de qualidade dos dados de precipitação (Xie et al. 2010).

Para analisar o padrão espacial da precipitação, são calculadas as médias mensais de precipitação de cada conjunto de reanálise, assim como do CPC. Todos os conjuntos de dados são interpolados para a grade 1.0° x 1.0° de resolução espacial, visando calcular as diferenças entre as médias mensais (*viés*). Também é analisado o desempenho das reanálises em produzir o padrão espacial da distribuição mensal e sazonal da precipitação através de diagramas de Taylor (Taylor 2001). Neste tipo de análise, a habilidade (*skill*) da reanálise é reproduzido pela distribuição anual da precipitação nas regiões pré-definidas. O desvio padrão normalizado (STD) aumenta com a distância radial em relação à origem. Todos os STD são normalizados em relação ao CPC, de forma que o valor 1.0 é o próprio valor de referência (REF). Através dos dados acima mencionados, em conjunto com informações troposféricas (temperatura, vento e umidade específica), da reanálise do MERRA também foi avaliado no período de 1979 a 2007 o transporte de umidade sobre a região da ZCAS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta a comparação da precipitação climatológica das reanálises com o CPC para a região da ZCAS. As reanálises MERRA e NCEP CFS são as que melhor representam o ciclo anual do CPC (figura não mostrada). Ressalta-se apenas que, nestes meses de verão do HS, período em que a ZCAS atua com mais intensidade, o CFS superestima um pouco a climatologia do CPC e o MERRA acompanha bem a climatologia mensal. Em geral os outros produtos de reanálise superestimam a precipitação do CPC no verão.

TABELA 1 - PRECIPITAÇÃO CLIMATOLÓGICA (mm/dia) MENSAL DO CPC E DAS REANÁLISES MERRA (MER), ERA-INTERIM (ERI), NCEP 1 (NC1), NCEP 2 (NC2) E NCEP CFS (CFS), ENTRE OS ANOS DE 1979 E 2007, MÉDIA PARA A REGIÃO DA ZCAS

	CPC	MER	ERI	NC1	NC2	CFS
JAN	6.0	5.7	9.6	7.1	7.6	6.3
FEV	6.1	6.0	9.7	7.1	7.9	7.0
MAR	5.9	6.0	9.4	6.8	7.6	7.3

A figura 2 apresenta o mapa de diferença entre a precipitação climatológica das reanálises e o CPC, para o período de verão (DJF). Importante observar que as reanálises MERRA, ERA-Interim, NCEP 1 e 2 apresentam um viés positivo de precipitação na região dos Andes e na parte norte da AS. Sobre a parte central da América do Sul, é importante verificar um viés seco na reanálise do MERRA, enquanto que o ERA-Interim mostra um viés úmido. Na faixa leste do Brasil tanto o NCEP 1 como o NCEP 2 mostram uma anomalia positiva, mais significativa sobre o NE do Brasil. O NCEP CFS, por sua vez, é a que apresenta os melhores resultados para toda a AS.

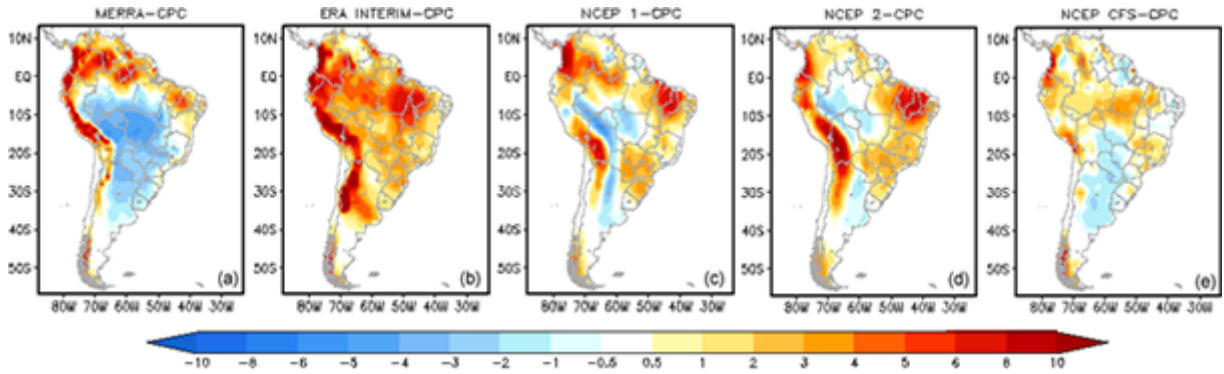


Fig. 2. Diferença entre a precipitação climatológica (mm/dia) entre as reanálises MERRA (a), ERA-Interim (b), NCEP 1 (c), NCEP 2 (d) e NCEP CFS (e) e o CPC, para os meses do verão (DJF) do HS.

Na figura 3a o diagrama de Taylor apresenta o skill das reanálises de precipitação com relação ao conjunto de dados de referencia (CPC). Em geral, os produtos de precipitação observada tendem a se agrupar próximos ao ponto de referencia e as reanálises apresentam correlação menor que 0,6. Importante ressaltar que apenas a reanálise do NCEP CFS (nova geração das reanálises), apresenta um melhora em relação aos produtos antigos. Além disso, analisando o STD das séries, as reanálises MERRA e ERA-Interim apresentam sinais opostos de STD. Enquanto o MERRA apresenta uma variabilidade pequena da sua série, para o ERA-Interim a amplitude é maior que a referencia (CPC).

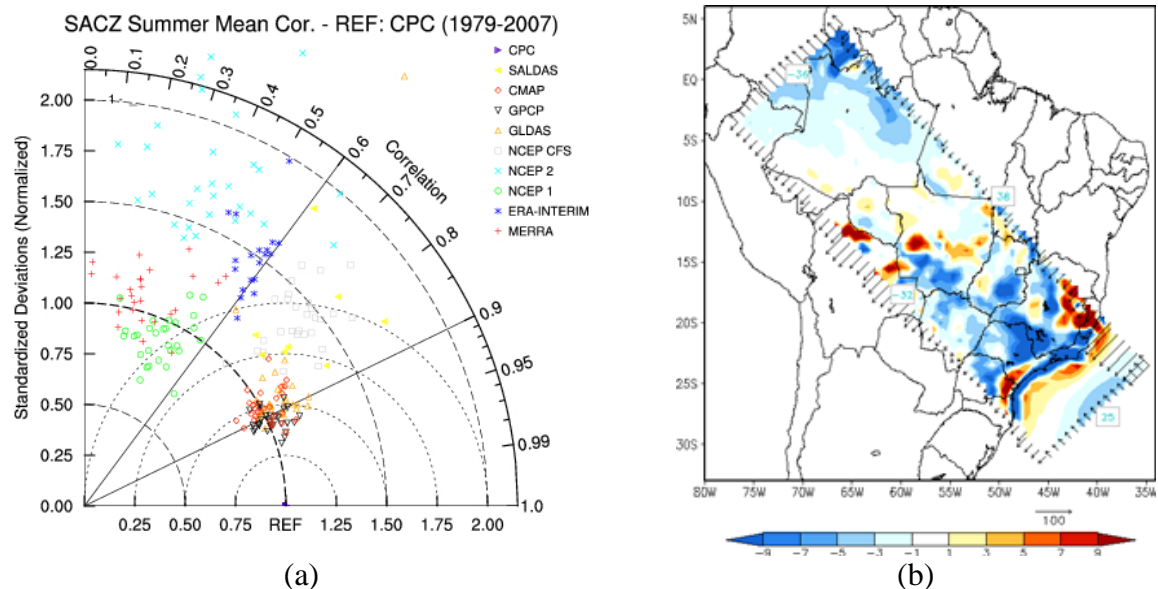


Fig. 3. Diagrama de Taylor para a correlação média e desvio padrão na região da ZCAS, nos meses de verão, usando o CPC como referencia (a) e Fluxo integrado (vetores) de umidade (mm/dia) e divergência (sombreado) (*1e05) do fluxo médio, entre os anos de 1979 e 2007, na coluna atmosférica ao longo da região da ZCAS para a reanálise MERRA nos meses de verão (b).

A figura 3b apresenta a divergência do fluxo de umidade médio integrado para o período de verão nos limites da ZCAS. Os fluxos mais intensos na direção da ZCAS vêm do oceano e diminuem na direção do continente e, ao sul da ZCAS, coincidem com a região do JBN. O saldo médio de umidade é negativo. Isso mostra que a evaporação local é um mecanismo importante para a configuração da ZCAS. As regiões de maior

convergência (azul) encontram-se no SE do Brasil. Com isso, a topografia deve ter um papel importante nesse processo. Ressalta-se que esta reanálise um viés de precipitação negativo na parte central da AS, que contribui para déficit de precipitação na região da ZCAS.

4. CONCLUSÕES

Como conclusão, este trabalho evidencia o avanço das novas reanálises da tentativa de representar de forma mais adequada à variável precipitação acumulada. Especificamente, todas as reanálises representam bem o ciclo anual da precipitação de referência (CPC), sendo que o MERRA e o NCEP CFS são as que mais se aproximam da curva do CPC. Na região central da AS, o NCEP CFS é a reanálise que mostra os menores vieses. O diagrama de Taylor mostra que a reanálise do NCEP CFS possui as maiores correlações. As outras apresentam correlações menores, em torno de 0,6. O fluxo integrado de umidade na região da ZCAS mostra um saldo positivo de umidade para o sistema, apesar do déficit de precipitação (viés negativo) característico.

AGRADECIMENTOS: A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela Coordenação de Programas de Qualificação de Quadros Docentes (CAPES/PICDTEC), junto ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), pela concessão da bolsa de estudos no IAG/USP durante o período do trabalho realizado, ao Godard/NASA pela infra-estrutura disponibilizada para realização deste trabalho e ao pesquisador Ernesto Hugo Berbery pelas relevantes contribuições ao trabalho.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bosilovich, M.G., Chen, J., Robertson, F., Adler, R.R. 2008: Evaluation of Global Precipitation in Reanalyses. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, **47**, 2279-2299.
- Gan, M. A., V. E. Kousky, and C. F. Ropelewski, 2004: The South America monsoon circulation and its relationship to rainfall over West-Central Brazil. *J. Climate*, **17**, 47-66.
- Kalnay, E. and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437-471.
- Kanamitsu, M., W. Ebisuzaki, J. Woollen, S.K. Yang, J.J. Hnilo, M. Fiorino, and G. Potter, 2002: NCEP-DOE AMIP-II reanalysis. *Bull. Am. Met. Soc.*, **83**, 1631-1643.
- Saha, S. and Coauthors, 2010: The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. **Submitted to the Bulletin of the American Meteorological Society**. Revised: March 25, 2010.
- Taylor, K. E., 2001: Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. *J. Geophys. Res.*, **106**, 7183-7192.
- Uppala, S.M. and Coauthors, 2005: The ERA-40 re-analysis. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, **131**, 2961-3012.
- Souza E.B. , Ambrizzi T. 2003: Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. *Climanálise (CPTEC/INPE)*. [Available online at <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/artigos/artcien2.shtml>].
- Xie, P., M. Chen, W. Shi, 2010: CPC unified gauge analysis of global daily precipitation. **To be submitted to J. Hydrometeor.**